Japanese Unexamined Patent Publication No. 07-199244

Omitted

(0016)
(Embodiment)
The constitution of a first embodiment of the present invention is explained referring to Fig. 1. Fig. 1 is a block diagram of the first embodiment apparatus of the present invention.

(0017)
The present invention is an optical wave form deterioration compensating device 21 disposed between an optical cable 2 and an optical fiber cable 9, and comprising an optical input terminal 3 connected to the optical fiber cable 2, an optical output terminal 8 connected to the optical fiber cable 9, a phase conjugate wave generating section 20 that generates a phase conjugate wave of an optical signal input from this optical input terminal 3, and a branching section 5 that couples an optical signal incident from the optical input terminal 3 to the optical output terminal 8 and also couples a phase conjugate wave generated by the phase conjugate wave generating section 20 to the optical output terminal 8.

(0018)
The present invention is characterized in that the phase conjugate wave generating section 20 includes a scattering optical fiber cable 6 that generates the stimulated Brillouin scattering, and one end of the cable 6 is connected to the branching section 5. The scattering optical fiber cable 6 has a length sufficient for most of a stimulated Brillouin scattering light due to optical energy incident from the one end to be returned to the one end. Moreover, each of the optical fiber cables 2 and 9 has substantially the same length. Further, optical amplifiers 4 and 7 are provided between the optical input terminal 3 and the branching section 5, and between the branching section 5 and the optical output terminal 8, respectively.

(0019)
The operation of the first embodiment of the present invention is explained below. An intensity modulated light from an optical transmission section 1 reaches the optical input terminal 3 via the optical fiber cable 2 of the input side. During this time, the optical signal wave form is distorted in the optical fiber cable 2, under influences of wavelength dispersion, and optical nonlinear phenomena such as self-phase modulation, four-wave mixing (especially, in a case of wavelength division multiplexing system). This signal is amplified by the optical amplifiers 4 to be input to the scattering optical fiber cable 6 via the branching section 5. Specifically, the branching section 5 is a typical fiber coupler or a semi transparent mirror.

This Page Blank (uspto)

The scattering optical fiber cable 6 receives the input of signal to generate the stimulated Brillouin scattering. This stimulated Brillouin scattering light travels in reverse within the scattering optical fiber cable 6 and is separated at the branching section 5 from the optical fiber cable 2 as an optical transmission path. The separated light is amplified by the optical amplifier 7, and then propagated through the output side optical fiber cable 9, as an optical transmission path, connected to the optical output terminal 8, to reach an optical receiving section 10. The stimulated Brillouin scattering light generated as a result that the scattering optical fiber cable 6 receives the input of optical signal is in a relation of the phase conjugation to the input signal. (reference article: V. Wang and C. R. Giuliano, "Correction of phase aberrations via stimulated Brillouin scattering", Opt Lett., Vol. 2, No. 1, pp. 4-6, 1978: T. A. Wiggins, R. V. Wick and D. H. Rank, "Stimulated effects in N2 and CH4 gases", Appl. Opt., Vol. 5, No. 6, pp. 1069-1072, 1996)

(0020)

Here, in a case where the optical wave form deterioration compensating device 21 is disposed on the intermediate between the input side optical fiber cable 2 and the output side optical fiber cable 9 (i.e. both fibers are the same lengths), and also the fiber parameters related to the transmission characteristics of both fiber cables are the same, the signal wave form deteriorated during being propagated through the input side optical fiber cable 2 returns the wave form condition when starting an entrance of the input side optical fiber cable 2, when converted to a wave in a relation of phase conjugation to the input signal wave form by the optical wave form deterioration compensating device 21, and propagated through the output side optical fiber cable 9, to reach at the optical receiving section 10. Thereby, the wave form deterioration can be restored.

(0021)

Since the scattering optical fiber cable 6 is needed to receive the incidence of signal to generate the stimulated Brillouin scattering efficiently, it is desirable to adopt a single mode fiber of a small mode field diameter in a wavelength to be used, so as to obtain a high signal power density. Generally, the signal intensity to generate the stimulated Brillouin scattering is needed to be 10dBm or more, and it is estimated that a required length is about 10 to 20km or more for the scattering optical fiber cable 6. An end portion of the scattering optical fiber cable 6 should be subjected to a non-reflection treatment, to prevent that the signal is reflected as it is, to be mixed in the stimulated Brillouin scattering light.

(0022)

Moreover, Fig. 2 is a diagram showing a construction that several optical amplifiers 11, 12, 13 and 14 (here, only two amplifiers are illustrated as an example) are connected in series between the input side optical fiber

This Page Blank (uspto)

cable 2 and the outside optical fiber cable 9 in Fig. 1. In this case, the optical amplifiers 11, 12, 13 and 14 generate amplified spontaneous emission light noises, respectively. Since these noises are independent and random of one another, in the phase conjugation being the base of the present invention, an influence of these noises cannot be compensated theoretically. However, in comparison with the rate of wave form deterioration caused due to wavelength dispersion, self-phase modulation, four-wave mixing (especially, in a case of wavelength division multiplexing system) and the like, the rate of wave form deterioration by the influence of the amplified spontaneous emission light noises generated in the optical amplifiers 11, 12, 13 and 14 on the transmission path is lower. Accordingly, even if several optical amplifiers are inserted in the transmission path as shown Fig. 2, the compensating device of the present invention can operate effectively.

This Page Blank (uspto)

Fig. 1

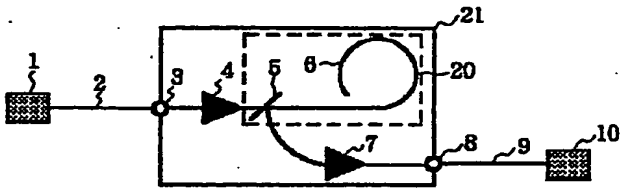
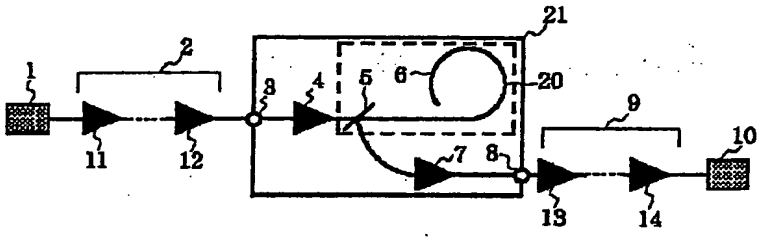


Fig. 2



This Page Blank (uspto)

(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報（A）　(11)特許出願公開番号

特開平7－199244

(43)公開日　平成7年(1995)8月4日

(51)Int. Cl.[6]		識別記号	庁内整理番号	F I		技術表示箇所
G02F	1/35					
H04B	3/04	A	4229－5K			
	10/02					
	10/18					
			9372－5K	H04B	9/00	M

審査請求　未請求　請求項の数4　OL　（全5頁）

(21)出願番号　特願平6-542

(22)出願日　平成6年(1994)1月7日

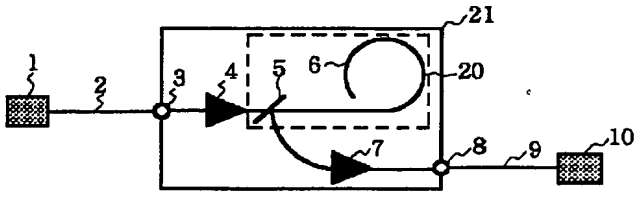
(71)出願人　000004226
日本電信電話株式会社
東京都千代田区内幸町一丁目1番6号

(72)発明者　岡村　治男
東京都千代田区内幸町一丁目1番6号　日本電信電話株式会社内

(74)代理人　弁理士　井出　直孝　（外1名）

(54)【発明の名称】光波形劣化補償装置

(57)【要約】
【目的】　位相共役波を用いる光波形劣化補償装置において、効率良く位相共役波を発生させる。
【構成】　光ファイバケーブルにおいて発生する誘導ブリルアン散乱を用いて位相共役波を発生させる。
【効果】　簡単な構成で効率良く、しかも波長をほとんど変えることなく位相共役波を発生させることができる。分散の影響以外の原因（光非線形現象の影響等）による波形の劣化も一括して効率良く補償することができる。



1

【特許請求の範囲】

【請求項１】　光ファイバ伝送路の途中に挿入され、その伝送路の送信側に接続される光入力端子（３）と、前記伝送路の受信側に接続される光出力端子（８）と、この光入力端子（３）から入力される光信号の位相共役波を発生させる位相共役波発生部（２０）と、前記光入力端子（３）から入射する光信号を前記光出力端子（８）に結合するとともに前記位相共役波発生部（２０）が発生する位相共役波を前記光出力端子（８）に結合する分岐部（５）とを備えた光波形劣化補償装置において、前記位相共役波発生部（２０）は、誘導ブリルアン散乱を生じさせる光ファイバケーブル（６）を備え、この光ファイバケーブル（６）の一端が前記分岐部に接続されたことを特徴とする光波形劣化補償装置。

【請求項２】　前記光ファイバケーブル（６）は、前記一端から入射する光エネルギによる誘導ブリルアン散乱光の大部分がその一端に戻るに十分な長さを有する請求項１記載の光波形劣化補償装置。

【請求項３】　前記光ファイバ伝送路のほぼ半分の位置に挿入される請求項１記載の光波形劣化補償装置。

【請求項４】　前記光入力端子（３）と前記分岐部（５）との間、および前記分岐部（５）と前記光出力端子（８）との間にそれぞれ挿入された光増幅器を備えた請求項１記載の光波形劣化補償装置。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【産業上の利用分野】本発明は光通信に利用する。特に、長距離光伝送システムの中にあって波長分散や光学非線形性によって生じる信号波形の劣化を位相共役波を利用することによって補償する技術に関する。

【０００２】

【従来の技術】従来から光信号の位相共役波を利用することによって、光通信方式の信号波形の劣化を補償する技術が知られている。この原理は、文献(Amon Yariv 著 "Introduction to optical electronics" 原書第３版の訳本：丸善書店“光エレクトロニクスの基礎”pp539-540)に「ひずみ補正定理」として述べられている。そして、このような目的のために位相共役波を発生させる方法として非線形光学結晶を用いる方法や、最近では光ファイバ内、あるいは半導体レーザ増幅器内の四光波混合を利用する方法が示されている。

【０００３】従来例を図４を参照して説明する。図４は従来例の光波形劣化補償装置のブロック構成図である。光送信部１から送信された光信号は、光ファイバケーブル２を介して光波形劣化補償装置２１の光入力端子３に到達する。この光信号は位相共役波発生部２０に入力され、この光信号の位相共役波が発生される。この光信号の入力波形と出力波形とは対称になっており、光出力端子８および光ファイバケーブル９を介して光受信部１０により受信される。

2

【０００４】次に、波形劣化補償の原理を説明する。光波形劣化補償装置１を光ファイバケーブル２および９の中間地点に挿入する。光ファイバケーブル２および９はほぼ長さが等しく例えば数百ｋｍである。このとき、光ファイバケーブル２および９の伝送特性が同一であるとすると、光入力端子３に到達した光信号がすでに受けている劣化特性と、光出力端子８から出力される光信号が光受信部１０に到達するまでにこれから受けることが予想される劣化特性とはほぼ同特性である。したがって、光入力端子３に到達した光信号と対称の光信号を光出力端子８から出力すれば、光ファイバケーブル９により劣化を受けることにより、この光信号は光送信部１から送信された元の信号に近い波形に復元される。このようにして、波形劣化補償が行われる。

【０００５】

【発明が解決しようとする課題】これまで知られている四光波混合による位相共役波の発生には２０ｄＢｍ以上の高いパワーの励起光源が別に必要であって、この励起光源にはレーザ光源と光アンプの組合わせが必要なので構成が複雑になる。このように高いパワーの励起光源を用いても現在の技術では位相共役波の発生効率（信号光パワーに対する位相共役波パワーの比）は１／１００以下である。さらに、この構成では、位相共役波は励起光波長に対してもとの信号波長と対称の波長で発生する。位相共役波を利用して信号波形の劣化を補償するにあたって前半の光伝送路を伝播する信号の波長と後半の光伝送路を伝播する位相共役の波長が異なると、当然、波長劣化を補償する際に誤差を生じ、好ましくない。この制約のため、四光波混合にもとずく従来の構成で補償できるのは分散の影響による波形の劣化のみであって、それ以外の原因（光非線形現象の影響等）による波形の劣化を補償するのは困難であった。

【０００６】本発明は、このような背景に行われたものであって、誘導ブリルアン散乱を利用して高い効率で位相共役波を発生させ、これによって長距離光ファイバ通信方式における信号波形の劣化を補償する光波形劣化補償装置を提供することを目的とする。

【０００７】

【課題を解決するための手段】本発明は、送信側から到来する光信号をその光信号の位相共役波を発生させる位相共役波と結合させて受信側に送出する。ここで、本発明の特徴とするところは、位相共役波発生部は、誘導ブリルアン散乱を生じさせる光ファイバケーブルであるところにある。この誘導ブリルアン散乱を生じさせる光ファイバケーブルにより、効率良く所望の位相共役波を発生させることができる。また、本発明の光波形劣化補償装置には光増幅器を備えることが望ましい。

【０００８】すなわち、本発明は、光ファイバ伝送路の途中に挿入され、その伝送路の送信側に接続される光入力端子（３）と、前記伝送路の受信側に接続される光出

力端子（８）と、この光入力端子（３）から入力される光信号の位相共役波を発生させる位相共役波発生部（２０）と、前記光入力端子（３）から入射する光信号を前記光出力端子（８）に結合するとともに前記位相共役波発生部（２０）が発生する位相共役波を前記光出力端子（８）に結合する分岐部（５）とを備えた光波形劣化補償装置において、前記位相共役波発生部（２０）は、誘導ブリルアン散乱を生じさせる光ファイバケーブル（６）を備え、この光ファイバケーブル（６）の一端が前記分岐部に接続されたことを特徴とする。

【０００９】前記光ファイバケーブル（６）は、前記一端から入射する光エネルギによる誘導ブリルアン散乱光の大部分がその一端に戻るに十分な長さを有することが望ましい。その光ファイバケーブル（６）の長さは、実用的には１～３０ｋｍが望ましく、さらに１０～２０ｋｍ程度であることが望ましい。

【００１０】本発明の装置は、前記光ファイバ伝送路のほぼ半分の位置に挿入されることがよい。

【００１１】前記光入力端子（３）と前記分岐部（５）との間、および前記分岐部（５）と前記光出力端子（８）との間にそれぞれ挿入された光増幅器を備えることが望ましい。

【００１２】

【作用】本発明は、位相共役波を利用することによって光ファイバケーブルを用いた光通信の信号波形の劣化を補償するシステムの構築にあたって、従来のように光ファイバケーブル内、あるいは半導体レーザ増幅器内の四光波混合を利用して位相共役波を発生させるのではなく、光ファイバケーブル内の誘導ブリルアン散乱を利用する。

【００１３】これまで誘導ブリルアン散乱と、光ファイバケーブルを用いた長距離光通信との関係について知られているのは、そのマイナス面だけであった。すなわち、光ファイバケーブル中を長距離にわたって光信号を伝送するためには光ファイバケーブルにできるだけ大きな光信号パワーを入射する必要がある。しかし、入射光信号パワーが約１０ｄＢｍを越えると誘導ブリルアン散乱が発生し、入射パワーの大半が入射端に戻ってきてしまう。そのため、光ファイバケーブルに入射させることのできる光信号パワーの上限が制限されることが知られている。このようにして入射される光信号パワーの大部分が誘導ブリルアン散乱として戻ってくるが、本発明は、この誘導ブリルアン散乱光が入射光に対して位相共役の関係にあることに着目し、伝送波形劣化の補償に応用することを提案するものである。

【００１４】本発明では、四光波混合の代わりに光ファイバケーブル内の誘導ブリルアン散乱を利用しているので位相共役波の発生効率は通常１／１０以上であって、１／２以上の極めて高い効率を得ることも可能である（従来の四光波混合法の１０倍から５０倍以上）。さらに波長変化が極めて少ない位相共役波を発生できることも大きな利点である。誘導ブリルアン散乱光の波長の変化は信号光に対して約０．１ｎｍ程度と少ない（四光波混合によって位相共役波を発生させた実験の報告では、位相共役波の波長は元の信号から６ｎｍないし８ｎｍも変化している）。その結果、本発明によって発生させた位相共役波では分散の影響以外の原因（自己位相変調や四光波混合（特に波長多重系の場合）のような光非線形現象の影響）による波形の劣化も一括して効率良く補償することができる。

【００１５】本発明は、昨今の光増幅器の出現により、光信号を光波形のまま１万ｋｍにも及ぶ超長距離を伝送できるようになった光通信技術の性能をさらに向上させるために有用である。

【００１６】

【実施例】本発明第一実施例の構成を図１を参照して説明する。図１は本発明第一実施例装置のブロック構成図である。

【００１７】本発明は、光ファイバケーブル２および９の途中に挿入され、光ファイバケーブル２に接続される光入力端子３と、光ファイバケーブル９に接続される光出力端子８と、この光入力端子３から入力される光信号の位相共役波を発生させる位相共役波発生部２０と、光入力端子３から入射する光信号を光出力端子８に結合するとともに位相共役波発生部２０が発生する位相共役波を光出力端子８に結合する分岐部５とを備えた光波形劣化補償装置２１である。

【００１８】ここで、本発明の特徴とするところは、位相共役波発生部２０は、誘導ブリルアン散乱を生じさせる散乱用光ファイバケーブル６を備え、この散乱用光ファイバケーブル６の一端が分岐部５に接続されるところにある。散乱用光ファイバケーブル６は、前記一端から入射する光エネルギによる誘導ブリルアン散乱光の大部分がその一端に戻るに十分な長さを有する。また、光ファイバケーブル２および９の長さはほぼ等しい。さらに、光入力端子３と分岐部５との間、および分岐部５と光出力端子８との間にそれぞれ挿入された光増幅器４および７を備えている。

【００１９】次に、本発明第一実施例の動作を説明する。光送信部１からの強度変調光は入力側の光ファイバケーブル２を経て光入力端子３に至る。この間、光信号波形は光ファイバケーブル２で波長分散の他、自己位相変調や四光波混合（特に波長多重系の場合）のような光非線形現象の影響を受けて歪む。この信号は光増幅器４で増幅されて分岐部５を経て散乱用光ファイバケーブル６に入力される。分岐部５は具体的には、一般のファイバカップラまたは半透過鏡である。散乱用光ファイバケーブル６は信号の入射を受けて誘導ブリルアン散乱を生じ、この誘導ブリルアン散乱光は散乱用光ファイバケーブル６中を逆進し、分岐部５において光ファイバケーブ

ル２による光伝送路から分離され、光増幅器７で増幅された後、光出力端子８に接続される出力側の光ファイバケーブル９による光伝送路を伝搬し光受信部１０に至る。散乱用光ファイバケーブル６が光信号の入射を受けて発生する誘導ブリルアン散乱光は入力信号と位相共役の関係にある（参考文献:V, Wang and C. R. Giuliano, "Correction of phase abberations via stimulated Brillouin scattering", Opt Lett., Vol. 2, No. 1, pp. 4-6, 1978: T. A. Wiggins, R. V. Wick and D. H. Rank, "Stimulated effects in N2 and CH4 gases", Appl. Opt., Vol. 5, No. 6, pp. 1069-1072, 1966)。

【００２０】ここで、光波形劣化補償装置２１が入力側の光ファイバケーブル２と出力側の光ファイバケーブル９のちょうど中間地点に挿入され（すなわち、両ファイバが同一長さ）、しかも両光ファイバケーブルの伝送特性に関係するファイバパラメータが同一であるとすると、入力側の光ファイバケーブル２を伝搬する過程で劣化した信号波形は、光波形劣化補償装置２１で入力信号波形に対して位相共役の関係にある波に変換されて出力側の光ファイバケーブル９を伝播し光受信部１０に到達するとき、入力側の光ファイバケーブル２の入口を出発したときの波形状態に戻る。これによって波形劣化を回復することができる。

【００２１】ここで、散乱用光ファイバケーブル６としては、信号の入射を受けて誘導ブリルアン散乱を効率良く生じる必要があって、高い信号パワー密度を得るよう使用波長におけるモードフィールド径が小さい単一モードファイバが望ましい。一般に誘導ブリルアン散乱を生じるための信号強度は１０ｄＢｍ以上必要で、散乱用光ファイバケーブル６に必要な長さは１０～２０ｋｍ程度以上と見積もられる。散乱用光ファイバケーブル６の端部は、信号がそのまま反射して誘導ブリルアン散乱光に混入するのを防ぐために無反射処理される必要がある。

【００２２】また、図２は、図１の入力側の光ファイバケーブル２および出力側の光ファイバケーブル９の途中にいくつかの光増幅器１１、１２、１３、１４（ここでは一例としてそれぞれ２台だけずつ図示している）が直列に接続される構成を示す図であるが、この場合には光増幅器１１、１２、１３、１４それぞれで自然放出光雑音が発生し、これらは互いにランダムで独立であるから、本発明の基本である位相共役ではこの影響は原理的に補償することはできない。しかし波長分散、自己位相変調あるいは四光波混合（特に波長多重系の場合）等によって生じる波形劣化の割合に比べて、伝送路の途中の光増幅器１１、１２、１３、１４で発生する自然放出光雑音の影響で波形が劣化する割合は少ない。したがって、図２のように伝送路の途中にいくつかの光増幅器が挿入されていても、本発明の補償装置は充分有効に動作する。

【００２３】次に、本発明第二実施例を図３を参照して

説明する。図３は本発明第二実施例装置のブロック構成図である。図３は、本発明第一実施例で用いた片方向動作の光増幅器４、７の代わりに双方向動作できる光増幅器１５を用いた構成例である。光増幅器１５は一つでよく、部品点数の低減化がはかれるとともに、散乱用光ファイバケーブル６の一箇所を加工すればよく、加工工数の低減がはかれる。

【００２４】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、位相共役波を利用することにより光ファイバ通信システムの信号波形の劣化を補償するに際して、従来のように光ファイバ内、あるいは半導体レーザ増幅器内の四光波混合を利用するのではなく、ファイバ内の誘導ブリルアン散乱を利用して簡単な構成で効率良く、しかも波長をほとんど変えることなく位相共役波を発生させることができる。本発明では位相共役波発生部が光ファイバであるから、通信用光ファイバケーブルとなじみがよい。したがって、分散の影響以外の原因（光非線形現象の影響等）による波形の劣化も一括して効率良く補償することができる大きな利点がある。

【００２５】これにより、高利得で低雑音の光増幅器が開発された現在、光伝送システムの伝送距離（光信号を電気信号に変換せずに伝送できる距離）を制限する要因は大別してファイバの波長分散と、光カー効果にもとずく諸々の光非線形現象の二種類である。これまで、前者については多くの克服法が提案、実証され、今後の進展も期待されているが、後者の対策はほとんど提案されていない。したがって、ファイバの分散制限と非線形制限の双方を効果的に克服するための具体的な装置構成を提案した本発明は、これからの光伝送システムの伝送距離制限の拡大に寄与するものである。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明第一実施例装置のブロック構成図。

【図２】入力側の光ファイバケーブルおよび出力側の光ファイバケーブルの途中に光増幅器が直列に接続される構成を示す図。

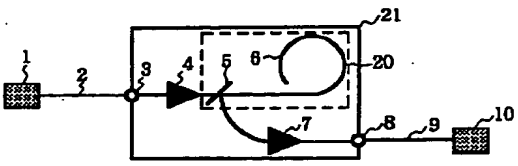
【図３】本発明第二実施例装置のブロック構成図。

【図４】従来例の光波形劣化補償装置のブロック構成図。

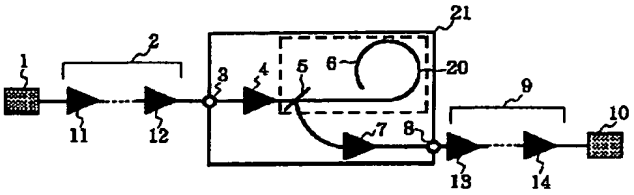
【符号の説明】

１　光送信部
２、９　光ファイバケーブル
３　光入力端子
４、７、１１～１５　光増幅器
５　分岐部
６　散乱用光ファイバケーブル
８　光出力端子
１０　光受信部
２０　位相共役波発生部
２１　光波形劣化補償装置

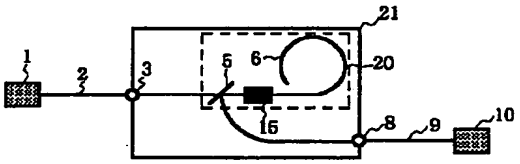
【図１】


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
20
21

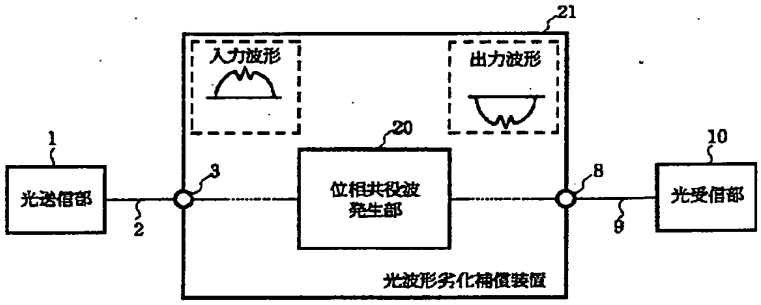
【図２】


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
20
21

【図３】


1
2
3
5
6
8
9
10
15
20
21

【図４】


21
入力波形
出力波形
20
1
光送信部
2
3
位相共役波
発生部
8
9
10
光受信部
光波形劣化補償装置

This Page Blank (uspto)

PRIOR ART INFORMATION LIST

your case No.	
our case No.	A50161-USA

Inventor, Patent Number, Country Author, Title, Name of Document	Issue date	Concise Explanation of the Relevance (indication of page, column, line, figure of the relevant portion)
1. Japanese Unexamined Patent Publication No. 10-308703	November 17, 1998	Background
2. Japanese Unexamined Patent Publication No. 07-199244	August 4, 1995	(0016)~(0022), Figs. 2 and 3.

This Page Blank (uspto)